Zeit	Temperatur	Verhalten des Pulvers
$11^h\ 25^m$	1335°	—
$11^h\ 30^m$	1350°	Keine feste Phase mehr vorhanden.
$11^h\ 30^m$	1365°	Einzelne Teile sind dünnflüssig.
$11^h\ 40^m$	1385°	Sehr viel Dünnflüssiges.

Demnach haben wir hier ein Intervall von 1310 bis 1350° für den Beginn des Schmelzens und das Verschwinden der festen Phase, aber auch hier tritt die Dünnflüssigkeit erst viel später ein.

Es wurde nun nach der erwähnten Tetraedermethode die Bestimmung durchgeführt und es ergab sich:

Veränderung durch Oxydation .... 1275°
Beginn des Schmelzens .... 1330°
Flüssige Phase .... 1370°
Dünnflüssigkeit .... 1390°

Olivin von Kapfenstein.

(Tafel II.)

Für den Olivin von Kapfenstein hatte ich früher nach der allerdings nicht sehr genauen Methode, bei welcher Splitter im Horizontalofen beobachtet wurden, 1275° erhalten.

Da neuerdings von G. Tschermak[1] eine Analyse des Kapfensteiner Olivins an gelbgrünem Olivin vorgenommen worden ist, so versuchte ich an einer ähnlichen Varietät den Schmelzpunkt zu bestimmen.

Die Analyse von G. Tschermak ergab:

SiO_2	40·82
Al_2O_3	0·13
FeO	9·86
MgO	49·46

Im allgemeinen haben die Schmelzpunktsbestimmungen an Olivinen nur dann einen Wert, wenn sie an chemisch bekannten Stücken ausgeführt werden, da, wie gesagt, auch an demselben Fundort Stücke vorkommen, die im Eisengehalt differieren; dies gilt namentlich vom Olivin der Somma, dessen Eisengehalt und auch Schmelzpunkt sehr stark wechselt.

[1] Diese Sitzungsberichte, Bd. 115. Februarheft, 1906.

Zeit	Temperatur	Verhalten des Pulvers.
$4^h\ 50^m$	1270°	
$4^h\ 55^m$	1280°	Deutliche Veränderung, aber nicht in den Umrissen, wahrscheinlich tritt Oxydation ein.
$5^h\ 10^m$	1310°	—
$5^h\ 15^m$	1320°	—
$5^h\ 25^m$	1335°	Noch keine Veränderung.
$5^h\ 35^m$	1350°	—
$5^h\ 40^m$	1360°	Beginn des Schmelzens.
$5^h\ 45^m$	1365°	Deutliche Rundung.
$5^h\ 50^m$	1370°	Tropfenbildung.
$5^h\ 55^m$	1380°	Keine feste Phase mehr.
$6^h\ 0^m$	1385°	Die Dünnflüssigkeit beginnt.
$6^h\ 5^m$	1400°	—
$6^h\ 10^m$	1410°	Die Dünnflüssigkeit nimmt zu.

Olivin von Söndmöre.

Für den Olivin von Söndmöre fand H. H. Reiter einen Eisenoxydulgehalt von 8·18 %; der Schmelzpunkt war für T_1 1400°. Früher hatte ich 1350° für einen anderen, dessen Eisenoxydulgehalt aber nicht bestimmt worden war, erhalten. Die erneute Untersuchung ergab für den Schmelzbeginn 1390°, für den Umwandlungspunkt in die isotrop-glasige Phase 1415°.

Nach der Tetraedermethode erhielt ich:

Beginn des Schmelzens	1395°
Starkes Anschmelzen der Kanten	1410°
Zusammenschmelzen des Tetraeders	1430°

Die Kurve des Olivins ist jedenfalls eine derartige, daß man sagen kann, sie entspricht dem Typus I von Bakhuis-Roozeboom, aber um sie völlig auszuführen, müßte man den Schmelzpunkt des reinen Mg_2SiO_4 kennen. Aus den Schmelzpunkten der natürlichen Silikate läßt sich die Kurve deshalb nicht konstruieren, weil diese bezüglich ihrer chemischen Zusammensetzung ziemlich wenig Unterschiede zeigen, indem die meisten zwischen 8 bis 11 % FeO enthalten und die anderen Mischungen fast ganz fehlen. Herr Pöschl hat nun

solche in meinem Laboratorium hergestellt und gefunden, daß die Kurve tatsächlich dem Typus I entspricht.

Es darf aber nicht vergessen werden, daß wir hier eigentlich nicht den Schmelzpunkt des reinen Olivins bestimmen, sondern zum Teil eines Zersetzungsproduktes, eines Gemenges aus zwei oder mehr Komponenten; offenbar ist hier bei den eisenhaltigen Olivinen Dissoziation eingetreten und die erhaltenen Punkte können nicht als die Schmelzpunkte des Olivins bezeichnet werden, ebensowenig wie beim Schmelzen des Glimmers die Schmelzpunkte der ursprünglichen Verbindung erhalten werden. Wir haben daher eigentlich nicht den Schmelzpunkt des Olivins bestimmt, sondern eines Gemenges von Silikat mit Eisenoxyd und Magneteisen.

Auch hier bestätigt sich also, daß von einem einfachen Schmelzprozesse wie bei Metallen überhaupt nicht die Rede sein kann, sondern man hat zwischen Beginn des Schmelzens und dem Verschwinden der kristallisierten Phase ein Intervall, welches bei Pyroxen, Olivin gering ist, 15 bis 35°, so daß hier nahezu ein scharfer Schmelzpunkt vorhanden ist, während es bei Nephelin, Leucit, Feldspaten 60 bis 100° beträgt. Aber der Punkt, bei welchem Dünnflüssigkeit eintritt, liegt noch höher und werden alle Silikate zuerst glasig-isotrop, ohne ihre Zähflüssigkeit zu verlieren. Der Punkt, bei welchem sie dünnflüssig werden, tritt erst bei noch stärkerem Erhitzen ein, aber nur bei den einfach zusammengesetzten Silikaten tritt Dünnflüssigkeit bei einem bestimmten Temperaturpunkt ein.

Nachtrag. Herr Hofrat Eder hatte die Güte, mir Farbenfilter herzustellen, welche die Expositionszeit bei den photographischen Aufnahmen auf 20 bis 40″ herabmindern, so daß dieselben jetzt sehr scharf sind; ich statte dem genannten Herrn dafür hier meinen verbindlichsten Dank ab.

Tafelerklärung.

Tafel I.

1. Diopsidpulver vor dem Schmelzen, aufgenommen bei 1200°.
2. Photogramm des Diopsidpulvers, bei 1315° aufgenommen.
3. Photogramm des Diopsidpulvers, bei 1350° aufgenommen.
4. Diopsidpulver nach der Erstarrung, bei 1260° aufgenommen.

Tafel II.

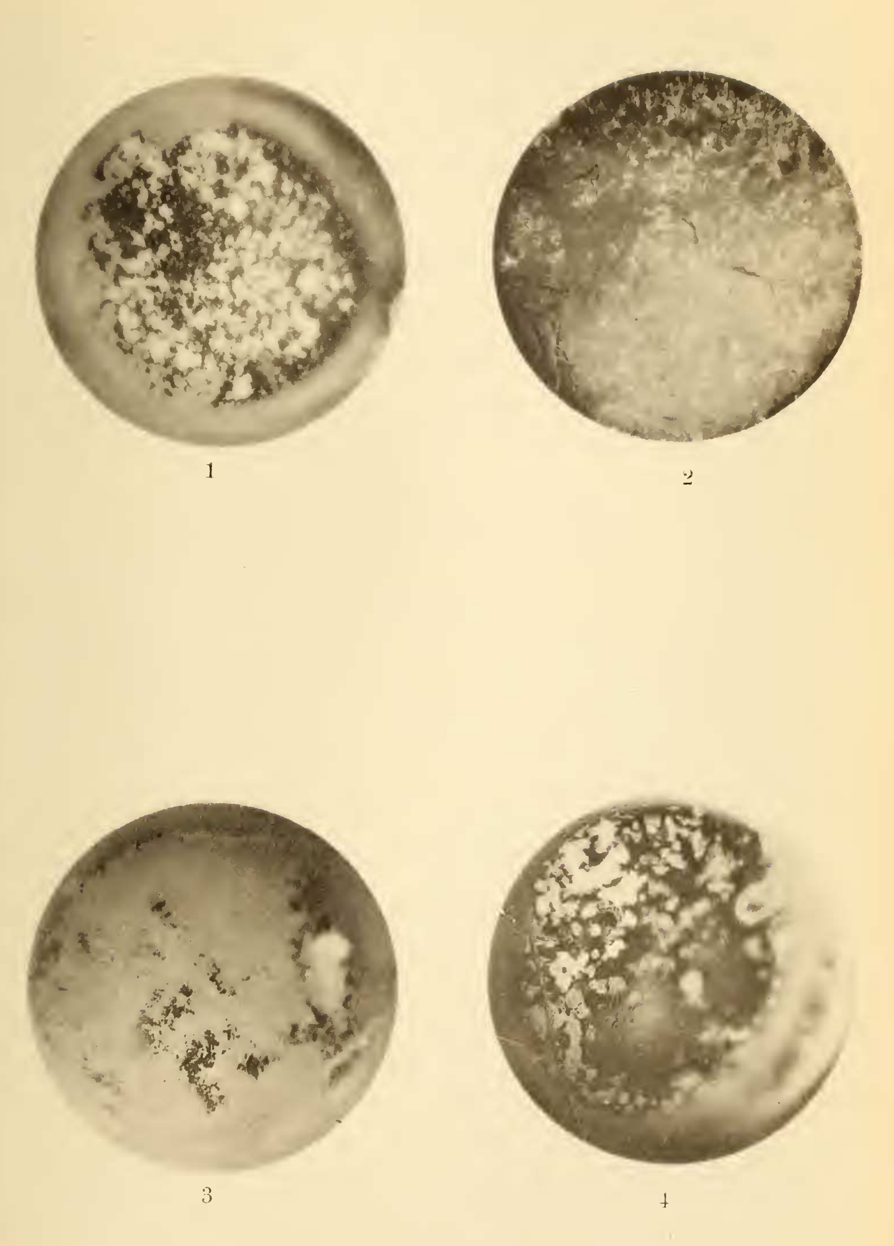
1. Olivin von Ceylon bei 1395°.
2. Fassait auf 1240° erhitzt und abgekühlt, aufgenommen bei 1200°.
3. Olivin von Kapfenstein bei 1400° (unter Anwendung von Gelbfilter) aufgenommen.
4. Eläolith von Miasc, bei 1190° aufgenommen.

(Mit Ausnahme des Olivins von Kapfenstein erfolgte die Aufnahme mit Rotfilter.)



1 2 3 4

Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien.



1 2 3 4

Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien.

Experimentelle Beiträge zur Kenntnis der Heterotrophie von Holz und Rinde bei *Tilia* sp. und *Aesculus Hippocastanum*

von

Rudolf Karzel.

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. Universität in Wien.

(Mit 1 Tafel.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 12. Juli 1906.)

Einleitung.

Es kann als bekannt vorausgesetzt werden, daß an seitlichen schiefwachsenden Zweigen von Laub- und Nadelhölzern das einseitig geförderte Dickenwachstum von Holz und Rinde gesetzmäßig verteilt ist, eine Erscheinung, die Wiesner als Heterotrophie[1] bezeichnet hat. Die Untersuchungen dieses Forschers haben gelehrt,[2] daß bei Coniferen ausschließlich Hypotrophie des Stammholzes vorkommt, bei dikotylen Laubhölzern dagegen der epitrophen Entwicklung eine Hypotrophie folgt. Ferner haben die Beobachtungen Wiesner's[3] ergeben, daß diese Verhältnisse nicht allein angeboren, sondern auch durch äußere Ursachen bedingt sein können. Wiesner begnügte sich mit der Feststellung dieser Tatsachen, ohne eine kausale Erklärung zu

[1] Wiesner, Biologie, 1889, p. 29.

[2] Wiesner, Untersuchungen über den Einfluß der Lage auf die Gestalt der Pflanzenorgane. I. Abhandlung: Die Anisomorphie der Pflanze. Diese Sitzungsberichte, Bd. CI, Abt. I, Juli 1892.

[3] Wiesner, Über Trophien nebst Bemerkungen über Anisophyllie. Ber. der Deutschen botan. Gesellschaft, Bd. XIII (1895), Heft 10.

versuchen. Es ist indessen eine vollkommen befriedigende kausal-mechanische Erklärung überhaupt noch von keiner Seite gegeben worden.

Eine vollständige Zusammenstellung der Literatur über die Trophien findet sich in einer Arbeit von Ursprung,[1] welche erst im vorigen Jahre erschienen ist. Es wäre vollständig überflüssig, diese Aufzählung hier zu wiederholen, und ich kann nur auf sie verweisen.

Herr Hofrat Wiesner hat mir die Aufgabe übertragen, die Resultate eines von ihm in der erwähnten Richtung vor 10 Jahren eingeleiteten Versuches festzustellen, und hat mir außerdem noch ein anderes, ähnliches Versuchsobjekt von Herrn Dr. Figdor zur Untersuchung erbeten. Ich will gleich an dieser Stelle Herrn Hofrat Wiesner dafür meinen Dank aussprechen.

Versuch mit *Tilia* sp.

Auf Veranlassung des Herrn Hofrates Prof. Wiesner wurde von Prof. Cieslar am 26. Mai 1896 im Versuchsgarten der forstlichen Versuchsanstalt in Mariabrunn bei Wien nachfolgender Versuch mit *Tilia* sp. eingeleitet. Es

---

[1] Ursprung, Untersuchungen über das exzentrische Dickenwachstum an Stämmen und Ästen. Beihefte zum Botan. Zentralblatt, 1905, Bd. XIX, 1. Abt., Heft 2. Ursprung versucht in dieser und in zwei folgenden Arbeiten aus dem Jahre 1906 eine teleologische Erklärung der Trophien zu geben. Da in seinen Arbeiten die Frage, ob die Trophien paratonisch oder spontan seien, nicht berührt wird, so brauche ich hier auf sie nicht einzugehen. Es ist nur bedauerlich, daß Ursprung für die verschiedenen Formen des exzentrischen Dickenwachstums die seinerzeit von Schimper (Amtlicher Bericht über die 31. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Göttingen im September 1854, Göttingen 1860, p. 7) eingeführten Ausdrücke Epi- und Hyponastie verwendet, welche längst für andere Formen des Wachstums vergeben sind. Deswegen benütze ich die von Wiesner (Biologie, 1889, p. 29) vorgeschlagenen und ziemlich allgemein (vergl. Pfeffer, Pflanzenphysiologie; Haberlandt, Physiologische Pflanzenanatomie) angenommenen Termini: Epi- und Hypotrophie, welche er in Anlehnung an den in der Medizin gebrauchten Namen Hypertrophie geschaffen hat. Diese Namen sind um so weniger bedenklich, als sie ja nicht die Ernährung als primäre Ursache der Heterotrophie bezeichnen sollen.

wurde damals das noch junge (dreijährige) Bäumchen in einer Höhe von 115 *cm* nach Osten beiläufig horizontal abgebogen. Die Länge des abgebogenen Teiles betrug 55 *cm*; dazu gehörte der ganze Langtrieb aus dem Jahre 1895 und der eben erwachsene Höhentrieb aus dem Jahre 1896 in einer Länge von 17 *cm*. Das Bäumchen wurde in der abgebogenen Lage an einem Holzgestell befestigt und während der ganzen Versuchsdauer in dieser Stellung erhalten. Im Dezember 1905 wurde die Versuchspflanze abgeschnitten. Der Versuch dauerte somit zehn Vegetationsperioden. Die Gesamtlänge des mir zur Untersuchung übergebenen 13jährigen Bäumchens betrug zirka 3 *m*.

Die Linde ist nicht nur durch Heterotrophie des Holzes ausgezeichnet, sondern auch durch Epitrophie der Rinde. Wiesner[1] hat zuerst diese Tatsache für die Linde und alle anderen Tiliaceen, die er untersuchen konnte, konstatiert. Er fand, daß sie gleichzeitig auftritt mit der Epitrophie des Holzes; in der Regel entsprach starker Epitrophie des Holzes auch starke Epitrophie der Rinde. Lämmermayr[2] verfolgte diese Erscheinung weiter. »Während . . . . die Exzentrizität des Holzkörpers«, heißt es in seiner Abhandlung auf p. 24 der Sep. A., »mit dem Alter des Sprosses zunimmt, erreicht die Exzentrizität der Rinde schon in einem sehr frühen Altersstadium ihr Maximum und nimmt dann sogar ab, allerdings ohne völlig zu verschwinden«. Wiesner[3] stellte ferner für die Linde Endotrophie fest, welche oft mit Epitrophie kombiniert auftritt und besonders an Zweigen zweiter Ordnung zu sehen ist.

Bevor ich nun die Resultate meiner Untersuchungen wiedergebe, möchte ich noch auf einen Einwand aufmerksam machen, den man gegen die Versuchsanstellung bei der Linde

---

1 Wiesner, Über Epitrophie der Rinde und des Holzes bei den Tiliaceen und Anonaceen. Ber. der Deutschen botan. Gesellschaft, 1894. Generalversammlungsheft, p. 93 bis 96.

2 Lämmermayr, Beiträge zur Kenntnis der Heterotrophie von Holz und Rinde. Diese Sitzungsberichte, Bd. CX, Abt. I, Februar 1901.

3 Wiesner, Über das ungleichseitige Dickenwachstum des Holzkörpers infolge der Lage. Ber. der Deutschen botan. Gesellschaft, Bd. X (1892), Heft 10, p. 607 ff.

machen könnte. Beim Abbiegen des Stammes bringt man nämlich nicht nur den abgebogenen Teil in die horizontale Lage, sondern man ruft an der Umbiegungsstelle Druck- und Zugverhältnisse hervor, deren Wirkung im vorhinein nicht zu ermessen ist. Man kann nicht ohneweiters sagen, wie viel in dem Resultate des Versuches auf Rechnung der veränderten Lage des Stammes zu setzen und wie viel dem Druck und Zug zuzuschreiben ist. An der Umbiegungsstelle sind Druck und Zug offenbar am größten und nehmen nach beiden Seiten ab. Wie weit diese Zone reicht, ist nicht leicht anzugeben. Es ist aber auch unmöglich, diese Schwierigkeit im Experimente ganz auszuschalten. Deshalb muß man sie auch bei der Beurteilung des Resultates berücksichtigen. Vielleicht ist eine Bemerkung Robert Hartig's im stande, wenigstens zum Teil den angeführten Einwand zu entkräften. Er sagt nämlich:[1] »Die ersten Versuche, durch Umbiegen von Fichtengipfeln oder älteren Fichtenpflanzen Rotholzbildung auf der Oberseite an der konkaven Beugungsstelle hervorzurufen, hatten ein negatives Resultat. Offenbar wirkt der durch die Biegung erzeugte Längsdruck nur kurze Zeit als Reiz und schon nach wenigen Zellteilungen im Cambium ist von einem Längsdruckreiz nicht mehr die Rede.«

Zur Untersuchung wurde der Stamm in mehrere Stücke zersägt. Ihre Länge betrug, beim ältesten Teile angefangen: 74·6, 16·1, 8·6, 7·7, 14·4, 12·2, 9·2, 9·6, 62, 80 *cm*. Die Querschnitte bezeichne ich, vom untersten angefangen, mit den Zahlen 1 bis 11. Die Schnitte 3, 4, 5 liegen an der Umbiegungsstelle. Erwähnt sei noch, daß die Messung der Rinde und der einzelnen Jahresringe mikroskopisch durchgeführt wurde.

Die Rinde.

Die Rinde zeigt am ganzen Stamme deutliche Epitrophie. Das ersieht man aus folgender Tabelle, welche die Maßzahlen der Rinde auf der Ober- und Unterseite in Millimetern enthält und ihr Verhältnis zueinander, wobei die Maßzahl der Unterseite gleich 1 gesetzt wird. Es wird hier und später die konvexe

[1] Robert Hartig, Holzuntersuchungen, 1901, p. 76.

Seite des Stammes als Ober-, die konkave als Unterseite bezeichnet.

Tabelle 1.

Querschnitt	Stärke der Rinde in Millimeter		Verhältnis der Rindenstärke oben : unten (unten = 1)
	oben	unten	
11	0·98	0·77	1·27
10	1·4	1·05	1·33
9	2·3	0·8	2·87
8	2·3	1·0	2·30
7	2·8	1·1	2·55
6	3·5	1·1	3·18
5	4·3	1·3	3·30
4	4·6	1·9	2·42
3	3·6	1·6	2·25
2	3·0	2·6	1·15
1	4·3	3·4	1·26

Die Epitrophie kommt hier bei der Rinde dadurch zu stande, daß auf der Oberseite die Zahl der Bast- und Phloëmschichten und der Grundgewebsanteile vermehrt erscheint, was auch Lämmermayr[1] bei den von ihm untersuchten Linden gefunden hat. Auf dem Querschnitt 7 zählte ich z. B. auf der Oberseite 31, auf der Unterseite 20 Bastschichten. Öfters scheinen aber auch die einzelnen Bastplatten auf der Oberseite dicker zu sein wie auf der Unterseite. Lämmermayr berichtet ferner,[2] daß das primäre Hautgewebe auf der Oberseite früher ersetzt wird als auf der Unterseite. Ich konnte bei der Versuchspflanze nur sehen, daß das Periderm der Unterseite noch glatt, während das der Oberseite rauh, rissig,

[1] Lämmermayr, l. c., p. 24.

[2] Lämmermayr, l. c., p. 29.

schuppig ist. Ob dieses Verhalten auf das intensivere Wachstum zurückzuführen ist oder darauf, daß der Stamm nach Osten abgebogen, mithin seine Oberseite dem Wind und Regen vom Westen her exponiert war, läßt sich schwer entscheiden. Schon früher wurde eine Stelle aus der Arbeit Lämmermayr's zitiert, in der es heißt, daß der Grad der Heterotrophie der Rinde bis zu einem gewissen Alter zunehme, dann geringer werde, ohne ganz aufzuhören. Dasselbe kann man auch bei der vorliegenden Linde konstatieren. In den mittleren Partien des Stammes (Querschnitt 6 und 5) ist die Exzentrizität am stärksten und nimmt gegen beide Enden zu ab (vgl. auch Fig. 1 der Tafel). Sie geht von den jüngsten Stammteilen gegen die Mitte ungefähr parallel mit der Heterotrophie des Holzes; das Ansteigen der Epitrophie der Rinde erfolgt aber allmählicher, sie sinkt dann auch nicht so jäh wie die Exzentrizität des Holzes. Gegen das untere Ende nehmen beide wieder zu. An der Stelle, wo das Holz hypotroph wird, wird die Epitrophie der Rinde auch etwas schwächer, doch scheint der Druck und Zug in diesem Teile des Stammes bei ihr weniger wirksam gewesen zu sein als beim Holze.

Als Resultat der Untersuchungen der Rinde kann man folgendes sagen: Während bei einem vertikal gewachsenen Lindenstamme, bei allseits gleichen Wachstumsbedingungen, die Rinde überall gleichmäßig ausgebildet ist, sind wir im stande, experimentell — in diesem Falle durch Abbiegen des Stammes — Heterotrophie der Rinde, und zwar Epitrophie, an dem Hauptstamme hervorzurufen. An dem abgebogenen Teile tritt die Epitrophie offenbar unter dem Einfluß der Lage zum Horizonte auf. Diese muß aber auch irgend einen Reiz auf den vertikal stehen gebliebenen Teil des Stammes auszuüben im stande sein, so daß auch dort eine Förderung des Wachstums der Rinde im selben Sinne erfolgt.

Von den Ästen werde ich später sprechen.

Das Holz.

Die Tabelle 2 enthält die Dimensionen der einzelnen Jahresringe auf der Ober- und Unterseite in Millimetern ($o =$ Oberseite, $u =$ Unterseite).

Tabelle 2.

Jahresringe, von außen an gezählt	Querschnitte durch den Stamm										
	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
1 *o*	0·46	0·77	1·05	0·70	1·23	1·75	2·45	1·23	1·93	1·75	3·5
1 *u*	0·53	1·05	1·05	1·40	0·53	0·53	0·53	4·73	2·98	1·75	1·4
2 *o*	0·88	0·53	0·53	0·53	0·88	1·40	1·93	1·05	1·58	1·75	2·98
2 *u*	0·35	0·63	0·53	0·70	0·70	0·35	0·70	2·80	1·23	1·23	1·58
3 *o*	.	1·05	0·88	0·88	1·05	1 93	2·98	1·23	1·93	1·75	3·50
3 *u*	.	0·70	0·56	0·42	0·35	0·28	0·35	1·23	0·53	1·58	0·53
4 *o*	.	1·05	1·26	1·40	2·28	2·28	2·28	1·05	1·33	1·23	1·05
4 *u*	.	0·53	0·28	0·25	0·53	0·25	0·18	0·52	0·28	0·18	0·18
5 *o*	.	0·53	0·53	0·35	1·23	1·40	1·23	0·63	0·88	1·40	1·05
5 *u*	.	0·35	0·28	0·21	0·70	0·25	0·18	0·88	0·53	0·35	0·35
6 *o*	.	0·42	0·70	0·70	1·40	1·75	1·58	0·70	0·63	0·35	1·05
6 *u*	.	0·28	0·42	0·35	0·28	0·35	0·18	0·88	0·70	0·18	0·53
7 *o*	.	.	0·70	0·70	0·60	0·70	2·28	1·23	1·40	1·93	2·10
7 *u*	.	.	0·46	0·53	0·18	0 35	0·18	0·70	0·53	0·35	0·70
8 *o*	.	.	1·05	1·05	1·05	1·05	3·68	1·58	1·58	2·10	1·40
8 *u*	.	.	0·53	0·35	0·53	0·18	0·35	1·05	1·05	0·35	0·70
9 *o*	.	.	1·23	1·23	1·05	0·70	1·23	0·94	1·40	1·40	1·05
9 *u*	.	.	0·88	0·42	0·53	0·53	0·35	0·88	0 88	0·53	1·05
10 *o*	.	.	.	0·42	0·70	1·05	0·88	2·10	1·58	1·58	1·40
10 *u*	.	.	.	0·42	0·53	0·53	0·70	1·58	0·88	0·53	1·05
11 *o*	.	.	.	.	.	0·88	3·15	1·40	2·10	2·10	1·40
11 *u*	.	.	.	.	.	0·70	1·05	1·58	2·10	2·45	1·40
12 *o*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0·70	2·10
12 *u*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0·70	2·10
13 *o*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0·70
13 *u*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0·53

Tabelle 3.

Verhältnis der Jahresringbreiten auf der Oberseite zu denen auf der Unterseite (Maßzahl der Unterseite = 1).

Jahresringe	Querschnitte										
	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
1	0·87	0·73	1	0·5	2·32	3·3	4·62	0·26	0·65	1	2·5
2	2·5	0·83	1	0·75	1·26	4	2·76	0·38	1·28	1·43	1·89
3	.	1·5	1·56	2·10	3	6·88	8·5	1	3·67	1·11	6·67
4	.	2	4·5	5·60	4·30	9·12	12·67	2·01	4·75	6·83	5·83
5	.	1·5	1·88	1·67	1·75	5·6	6·83	0·72	1·66	4	3
6	.	1·5	1·67	2	5	5	8·78	0·80	0·9	1·94	2
7	.	.	1·52	1·33	3·33	2	12·67	1·76	2·64	5·51	3
8	.	.	2	3	2	6	10·5	1·50	1·5	6	2
9	.	.	1·4	2·92	2	1·32	3·51	1·07	1·59	2·64	1
10	.	.	.	1	1·32	2	1·26	1·33	1·79	2·98	1·33
11	.	.	.	.	.	1·26	3	0·89	1	0·86	1
12	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1
13	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1·32

Tabelle 4.

Gesamtdurchmesser des Holzes auf der Ober- und Unterseite in Millimetern und das Verhältnis der Maßzahlen zueinander (dabei Maßzahl der Unterseite wieder = 1).

	Querschnitte										
	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
o	1·34	4·35	7·93	7·96	11·47	14·89	24·67	13·14	16·34	18·04	23·28
u	0·88	3·54	4·99	5·05	4·86	4·30	4·75	16·83	11·69	10·18	12·10
$\frac{o}{u}$	1·52	1·23	1·59	1·58	2·36	3·46	5·19	0·78	1·39	1·77	1·92

Anmerkung: Querschnitt 5 hat eine Symmetrale, welche gegen eine Vertikale um zirka 30° geneigt ist. Dieser Richtung entspricht auch die Ausbildung der Heterotrophie von Holz und Rinde, weswegen längs dieser Linie alle Messungen durchgeführt wurden.

Die Tabellen zeigen, daß die Verhältnisse beim Holze nicht so einfach sind wie bei der Rinde. Die Ringe 11, 12, 13, welche

gebildet wurden, solange der Baum noch aufrecht wuchs, zeigen im großen und ganzen einen konzentrischen Bau. Wenn auch hie und da Exzentrizität auftritt, so kann man doch nicht sagen, daß eine Seite besonders gefördert ist. Es ist wichtig, festzustellen, daß das einseitig geförderte Dickenwachstum erst im Experiment auftrat.

Interessant sind die Resultate, die man aus den Messungen der übrigen Jahresringe 1 bis 10, welche im Experiment gewachsen sind, ableiten kann. Tabelle 4[1] zeigt zunächst, daß alle Querschnitte epitroph sind, ausgenommen den Querschnitt 4. Dieser Querschnitt stammt so ziemlich aus der Stelle der stärksten Krümmung. Die einzelnen Jahresringe zeigen einen Unterschied in Bezug auf das Dickenwachstum auf der Oberseite gegenüber der Unterseite. Auf der Oberseite nehmen die Jahresringe von der Spitze bis zum Querschnitt 5 an Dicke zu, werden dann plötzlich bis zum nächsten Querschnitt 4 bedeutend schmäler, um sich dann von hier aus wieder gegen das untere Ende zu verdicken. Anders ist es auf der Unterseite: die Ringe werden von der Spitze bis zum Querschnitt 4 immer breiter; aber das Anwachsen geht ungleichmäßig vor sich, nämlich bis zum Querschnitt 5 allmählich und von 5 bis 4 ganz enorm; vom Querschnitt 4 schwinden sie dann allmählich gegen das untere Ende. Was man an den einzelnen Jahresringen beobachten kann (Tabelle 2), zeigen auch die Durchmesser des ganzen Holzes auf der Ober- und Unterseite. Das Verhältnis der Jahresringbreiten auf der Ober- und Unterseite entspricht dem vorher besprochenen Wachstum der Ringe. Die Jahresringe 3 bis 10 sind von der Spitze bis zum Querschnitt 5 durchwegs epitroph. Das Wachstum ist hier auf der Oberseite stärker als auf der Unterseite; der größte Unterschied zeigt sich auf dem Querschnitt 5, dementsprechend findet sich hier die stärkste Epitrophie. Etwas anders verhalten sich in dieser Partie des Stammes die Ringe 1 und 2. An den Querschnitten 7, 6, 5 zeigen sie noch deutlich Epitrophie, während auf den Querschnitten 11 bis 8 fünfmal Hypotrophie auftritt und nur einmal Epitrophie und zweimal Isotrophie. Man sieht hier schon

[1] Siehe Fig. 2 der Tafel.

deutlich die Tendenz des Sprosses, hypotroph zu werden. Diese Tatsache stimmt mit den Beobachtungen Wiesner's[1] überein, welcher zeigte, daß bei Laubbäumen mit schwacher oder nicht nachweisbarer Anisophyllie die Epitrophie schiefwachsender Äste später von einer oft starken Hypotrophie abgelöst wird. Der Querschnitt 4 zeigt, als ganzer betrachtet, Hypotrophie. Es wurde früher erwähnt, daß die Jahresringe der Oberseite vom Querschnitt 5 gegen den Schnitt 4 an Dicke plötzlich abnehmen, die Ringe auf der Unterseite sich dagegen an derselben Stelle sehr verdicken. Das hat zur Folge, daß dort die Epitrophie der einzelnen Ringe schwächer wird oder sogar in Hypotrophie übergeht (Tabelle 3). Vom Querschnitt 4 angefangen nehmen die Ringe der Oberseite gegen das untere Ende wieder an Stärke zu, die der Unterseite dagegen ab. So zeigt schon der Querschnitt 3 deutliche Epitrophie (siehe Tabelle 4), indem nur zwei Ringe hypotroph sind, und gegen das untere Ende wird die Epitrophie noch stärker.

Lämmermayr behauptet,[2] daß die Epitrophie bei den Tiliaceen mit dem Alter zunehme. Bei der untersuchten Linde läßt sich dasselbe nicht konstatieren, die Stärke der Ringe auf einem Stammquerschnitt wechselt scheinbar regellos. Dagegen fand ich auch wie Lämmermayr[3] auf der geförderten Seite nicht nur die Menge der Zellen, sondern auch ihr Lumen vergrößert.

Es hat also die Untersuchung gelehrt, daß im Experiment an einem sonst isotrophen Lindenstamm, den man abbiegt, unter dem Einfluß der Lage zum Horizont Epitrophie des Holzes auftritt, welche später in Hypotrophie übergeht. Offenbar unter dem Einfluß des abgebogenen Teiles tritt dann Heterotrophie des Holzes auch an dem vertikal stehenden Stammstück auf, wie wir es auch bei der Rinde gesehen haben. Es handelt sich in beiden Fällen wahrscheinlich um einen Reizvorgang, dessen genaue Analyse vorläufig unmöglich ist.

---

[1] Wiesner, Untersuchungen über den Einfluß der Lage auf die Gestalt der Pflanzenorgane. I. Die Anisomorphie der Pflanze. Diese Sitzungsberichte, Bd. CI, Abt. I (1892).

[2] Lämmermayr, l. c., p. 24.

[3] Lämmermayr, l. c., p. 4.

In etwas geringerem Grade zeigte sich eine Fortpflanzung der Heterotrophie des Holzes vom abgebogenen auf den vertikalen Teil des Stammes in einem Experiment, das Wiesner[1] mit einer Fichte anstellte. Die Hypotrophie hörte bald unter der Krümmungsstelle auf. Soviel ich aus einer Abbildung in einer Arbeit Ursprung's[2] ersehe, ist diese Erscheinung auch an einer Fichte aufgetreten, die Robert Hartig in einer Schleife zu wachsen zwang.

An der Umbiegungsstelle des Lindenstammes herrscht auf der Oberseite Zug, auf der Unterseite Druck. Als Resultat der Wirkung beider Kräfte tritt Hypotrophie auf. Beide Kräfte sind offenbar im Querschnitt 4 am stärksten und nehmen gegen die Schnitte 5 und 3 ab, wo sie auch wahrscheinlich ganz aufhören. Denn von diesen Schnitten angefangen wird das anatomische Bild nach beiden Seiten hin ein anderes.

Die Äste.

Die Äste zeigen meistens deutliche Epitrophie des Holzes und der Rinde. Das stärkere Wachstum auf der Oberseite ist meist schon mit freiem Auge erkennbar. Die Symmetrale der mehr oder weniger elliptischen Querschnitte ist meistens nicht vertikal, sondern schief und schließt mit der Vertikalen oft einen großen Winkel ein.

Es seien nur einige Beispiele angeführt.

Vom Stammstück 6 (zwischen den Querschnitten 6 und 7) entspringt ein in der Nähe der Basis etwa 12 *mm* starker Ast auf der Unterseite und wächst, mit Ausnahme einer schwachen Krümmung an der Basis, ziemlich horizontal. 30 *cm* von der Basis zeigt sich deutliche Epitrophie der Rinde und des Holzes. Die Symmetrale geht hier von rechts oben nach links unten und ist gegen die Vertikale um zirka 45° geneigt. An dieser Stelle wurden bei der Messung folgende Resultate erhalten.

---

[1] Wiesner, Experimenteller Nachweis paratonischer Trophien beim Dickenwachstum des Holzes der Fichte. Ber. der Deutschen botan. Gesellschaft, 1896, Bd. XIV, Heft 5.

[2] Ursprung, Untersuchungen über das exzentrische Dickenwachstum an Stämmen und Ästen. Beihefte zum Botan. Zentralblatt, 1905, Bd. XIX, I. Abt., Heft 2.

Tabelle 5.

Maßzahlen der Rinde und der einzelnen Jahresringe in Millimetern und das Verhältnis der Maßzahlen von der Ober- und Unterseite zueinander (Unterseite = 1).

Querschnitte	Jahresringe, von außen gezählt								Rinde
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Oben	0·35	0·42	0·7	0·81	0·21	1·3	1·23	0·88	1·86
Unten	0·175	0·175	0·28	0·14			0·21	0·88	0·7
Oben / unten	2	2·4	2·5	16·5			5·83	1	2·65

Der älteste Jahresring ist noch isotroph, dann kommt gleich auffallende Epitrophie, die in einzelnen Jahren so stark war, daß auf der Unterseite überhaupt kein Holz gebildet wurde. Die Klammer bei den Ringen 4, 5, 6 soll besagen, daß sie zusammenfließen und man unten nur einen Jahresring findet. Bei den jüngeren Ringen 3, 2, 1 wird die Epitrophie wieder schwächer. Die Rinde zeigt sehr starke Epitrophie.

Stammstück 9 (zwischen den Querschnitten 9 und 10) trägt ungefähr in der Mitte an der rechten Seite einen Ast, welcher fast horizontal nach außen wuchs. 10 *cm* von der Basis zeigte sich deutliche Epitrophie von Holz und Rinde. Die Symmetrale des Querschnittes ist um zirka 40° gegen die Vertikale, gleichzeitig nach Innen, d. h. gegen den Hauptstamm geneigt, so daß wir hier ein Beispiel von Epitrophie kombiniert mit Endotrophie haben, eine Erscheinung, die, wie oben erwähnt, Wiesner zuerst für *Tilia* auffand (vgl. die Fig. 2 in Wiesner's Abhandlung: »Über das ungleichseitige Dickenwachstum des Holzkörpers infolge der Lage. Ber. der Deutschen botan. Gesellsch. Bd. X [1892], Heft 10, p. 607 ff.)

Tabelle 6.

Dicke der einzelnen Jahresringe und der Rinde auf der Ober- und Unterseite in Millimetern, 10 *cm* von der Basis.

Querschnitte	Rinde	Jahresringe, von außen gezählt				
		1	2	3	4	5
Oben	1·58	0·81	0·77	0·63	1·05	0·53
Unten.......	1·12	0·42	0·49	0·46	0·63	0·42
Oben/unten	1·41	1·92	1·57	1·46	1·66	1·25

Den Zahlen brauchen nach dem oben Gesagten keine Erläuterungen mehr hinzugefügt zu werden.

Endlich sei noch ein Ast hier angeführt, weil er Hypotrophie nicht nur des Holzes, sondern auch der Rinde zeigt. An dem vertikalen Teile des Stammes befindet sich das basale Ende des Astes, welcher knapp an der Basis abgeschnitten worden war. Den Ast selbst habe ich nicht erhalten. Der Schnitt selbst ist zu nahe am Stamme ausgeführt worden, als daß man etwas Sicheres darüber sagen könnte, unter welchen Verhältnissen Holz und Rinde hier hypotroph wurden.

Tabelle 7.

Maßzahlen der Rinde und der Jahresringe auf diesem Aststumpf.

Querschnitte	Rinde	Jahresringe, von außen gezählt			
		1	2	3	4
Oben	1·7	1·03	1·1	1·7	0·6
Unten	2·7	1·2	2·3	3·7	0·8
Oben/unten	0·63	1·08	0·48	0·46	0·75

Versuch mit *Aesculus Hippocastanum.*

Vor einigen Jahren hat Herr Privatdozent Dr. Figdor in der biologischen Versuchsanstalt in Wien Experimente zum Studium der Anisophyllie und Heterotrophie bei verschiedenen

Bäumen, darunter auch bei der Roßkastanie, eingeleitet. Da Herr Hofrat Wiesner diesen Versuchen lebhaftes Interesse entgegenbrachte, so hat mir Herr Dr. Figdor, obwohl er aus verschiedenen Gründen die Experimente noch nicht abgeschlossen hat, doch ein Exemplar der Roßkastanien zur Untersuchung überlassen und behält sich vor, später selbst ausführlich über diese Versuche zu berichten. Ich danke Herrn Dr. Figdor auch hier für diese große Liebenswürdigkeit.

Um die Druck- und Zugwirkungen, die bei der Versuchsanstellung mit der Linde in Betracht kommen, wenigstens zum Teile zu eliminieren, wurden die Bäumchen zu Beginn des Versuches schief eingepflanzt, so daß sie gegen den Horizont um 45° geneigt waren.

Nach den Mitteilungen des Herrn Dr. Figdor begann der Versuch in der ersten Hälfte des März im Jahre 1903 vor dem Austreiben der Bäumchen. Das von mir untersuchte Exemplar wurde Anfang Mai 1906 abgeschnitten, war also drei ganze Vegetationsperioden im Experiment und einen Teil der Vegetationsperiode des laufenden Jahres. Der Baum hatte in diesem Jahre bereits einen Sproß von 30 *cm* gebildet. Die Langtriebe der drei vorigen Jahre hatten Längen von 5·5, 22, 24 *cm*. Der Stamm wurde ungefähr 1 *dm* über dem Boden abgesägt und in mehrere Stücke zerschnitten, welche von unten angefangen folgende Längen hatten: 16, 19, 21, 18, 21, 30, 17, 14, 34 *cm*. Die Gesamtlänge des Stammes betrug demnach zirka 190 *cm*. Die Querschnitte werden im folgenden mit den Zahlen 1 bis 9, vom untersten angefangen, bezeichnet.

Wie bei den Tiliaceen tritt auch bei *Aesculus* nicht nur Heterotrophie des Holzes, sondern auch der Rinde auf. Es gehört die Roßkastanie zu den Bäumen mit stark ausgeprägter Anisophyllie, von denen Wiesner[1] als allgemeine Regel festgestellt hat, daß sie zunächst hypo-, dann epi- und endlich wieder hypotroph werden. Wiesner[2] hat auch zuerst, und

[1] Wiesner, Untersuchungen über den Einfluß der Lage auf die Gestalt der Pflanzenorgane. Diese Sitzungsberichte, Bd. CI, Abt. I (1892).

[2] Wiesner, Beobachtungen über den Einfluß der Erdschwere auf Größen- und Formverhältnisse der Blätter. Diese Sitzungsberichte, Bd. LVIII, Abt. I (1868).